



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

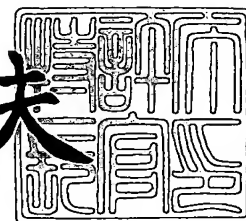
出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 1 月 1 4 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 3 0 8 4 5  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 2 - 3 3 0 8 4 5 ]

出 願 人                      セイコーインスツルメンツ株式会社  
Applicant(s):

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

2 0 0 3 年 1 0 月 1 4 日  
今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 02000875

【提出日】 平成14年11月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/10  
H01J 37/317

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 岩崎 浩二

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 入江 昭夫

【代理人】

【識別番号】 100096378

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂上 正明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103799

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 3次元微細構造体作製方法および作製装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 荷電粒子ビームについての加工条件の制御下において、3次元構造体の設計3次元形状データを基に仮加工を行って試作構造体を作り、該試作構造体の形状と前記設計形状との比較を行ない、その差を修正するように前記加工条件を補正しつつ本加工を行うようにした3次元微細構造体作製方法。

【請求項2】 荷電粒子ビームについての加工条件は、加速電圧、ビーム電流、走査速度、ドット間隔値及びドット待ち時間である請求項1に記載の3次元微細構造体作製方法。

【請求項3】 3次元構造体の設計3次元形状データはCADデータを用い、微分によって複数の2次元形状データを求め、該複数の2次元形状データに基づいて荷電粒子ビームの照射位置を制御して加工を実行するものである請求項1又は2に記載の3次元微細構造体作製方法。

【請求項4】 3次元構造体の設計3次元形状データを取得する手段と、該形状データに基づき荷電粒子ビームの照射位置を制御する手段と、ビームエネルギー、ビーム電流、走査速度、ドット間隔値及びドット待ち時間の加工条件を制御する手段と、加工構造体の3次元形状を把握する画像を取得する手段と、該画像と前記設計形状との比較を行なう手段とを備え、形状差分に基づいて前記加工条件を補正することにより設計形状に近い構造体を加工することを特徴とする3次元微細構造体作製用集束荷電粒子ビーム装置。

【請求項5】 CADデータを入力して3次元構造体の設計3次元形状データを取得する手段と、該3次元データを微分してビーム軸方向に直交する2次元形状データを複数求める手段とを備えた請求項3に記載の3次元微細構造体作製用集束荷電粒子ビーム装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、試料面に原料ガスを吹きつけつつ集束イオンビームや電子ビームを照射するCVD法や集束イオンビームを照射する

エッチング法及び試料面にエッチングガスを吹きつけつつ集束イオンビームや電子ビームを照射するエッチング法によって超微細な立体構造体を形成する技術に関する。

### 【0002】

#### 【従来の技術】

微細3次元構造物作製技術としては、合成樹脂材を用いた光重合反応を利用した所謂マイクロ光造形法による微細3次元構造物作製も試みられている。但し、この方法では $\mu\text{m}$ オーダー以上のサイズであり、サブ $\mu\text{m}$ ～ナノオーダーの制御を行うことは難しい。また、対象材料は光硬化性樹脂に限られるなど制約が多い。ところで、サブ $\mu\text{m}$ ～ナノオーダーの超微細な立体構造体としては顕微鏡試料の加工に用いられるナイフやドリルやマニピュレータプローブ、スプリングコイル、プローブ顕微鏡の触針、精細電子回路用のコイル等の必要性が高く、その製造技術の提供には大きな期待が寄せられている。また、このナノ・マイクロマシンについては医療・バイオ、オーディオ、IT、通信、自動車に至るまで広い分野でその応用が想定され、その実用化が期待されている。集束荷電粒子ビームを用いたCVD微細加工装置において、任意形状の3次元構造を形成する試みがなされている。因みに非特許文献1にはパターンジェネレータからの信号を徐々に変化させ、3次元の回転対称構造物を作製する方法が、非特許文献2にはビットマップの階調に合わせて荷電粒子のドーズ量を変えて、3次元構造物を作製する方法が紹介されている。

### 【0003】

集束イオンビームによる加工はエッチングにしてもデポジションにしても基本的には照射される荷電粒子のドーズ量に比例した加工が行なわれると考えられる。ところが、上記した従来の方法では、必要とする微細な3次元形状を正確に作製することは困難である。その原因の1つに、エッチング速度が、試料に対する照射角度や材質の違いにより変化することや再付着現象の問題があり、2次元の加工と異なり必ずしもドーズ量に比例した形状にはならない。また、デポジションにおいても、3次元構造物は高さ方向に照射断面積が変化するため、たとえドーズ量を一定にしてもガスの吸着量が異なり、デポジション速度が変化してしま

い、正確な 3 次元形状を形成することができない。

【 0 0 0 4 】

【非特許文献 1】 S.Matsui, T.Kaito, J.Fujita 他, Three-dimensional nanostructure fabrication by focused-ion-beam chemical vapor deposition, “Journal Vacuum Society” Technol.B18, 2000年, 3168巻

【非特許文献 2】 R.A.Lee, P.J.Wolpert, FIB Micromachining and Nano-Structure Fabrication, “International Symposium for Testing and Failure Anarysis”, 1999年11月14日～18日

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、加工を実行する際の諸条件に応じて変化するエッチング及びデポジション現象の影響を軽減し、設計形状に近い微細 3 次元構造体形成を実現する集束荷電粒子ビーム加工法並びにそれを実施する集束荷電粒子ビーム装置を提供することにある。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明の 3 次元微細構造作製方法は、荷電粒子の加速電圧、ビーム電流、走査速度、ドット間隔値及びドット待ち時間の加工条件を制御下において、3 次元構造体の設計 3 次元形状データを基に仮加工を行って試作構造体を作り、該試作構造体の形状と前記設計形状との比較を行ない、その差を修正するように前記加工条件を補正しつつ本加工を行うようにしたものである。そして、3 次元構造体の設計 3 次元形状データは C A D データを用い、微分によって複数の 2 次元形状データを求め、該複数の 2 次元形状データに基いて荷電粒子ビームの照射位置を制御して加工を実行するものである。

本発明の 3 次元微細構造作製用集束荷電粒子ビーム装置は、3 次元構造体の設計 3 次元形状データを取得する手段と、該形状データに基き荷電粒子ビームの照射位置を制御する手段と、加速電圧、ビーム電流、走査速度、ドット間隔値及びドット待ち時間の加工条件を制御する手段と、加工構造体の 3 次元形状を把握する画像を取得する手段と、該画像と前記設計形状との比較を行なう手段とを備え

、形状差分に基いて前記加工条件を補正することにより設計形状に近い構造体を加工することを特徴とする。更には、C A Dデータを入力して3次元構造体の設計3次元形状データを取得する手段と、該3次元データを微分してビーム軸方向に直交する2次元形状データを複数求める手段とを備えるようにした。

#### 【0007】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の基本概念図を図1に示す。まず、作製したい微細構造体の雛型の3次元形状データを取得する必要がある。そのために既に標準構造体がある場合はその画像を雛型としてもよい。しかし、一般には作製しようとする構造体の形状寸法設計値、例えば図に示すようなC A Dデータが用いられる。次にその寸法の構造体（図中の原画）を作製するために行なう加工方法の決定、すなわちスパッタエッチングであるか、ガスアシストエッチングであるか、原料ガスを噴射しつつ集束荷電粒子ビームを照射して行なうデポジション（以下単にC V Dという。）であるかを選択する。いまここではC V Dによって微細構造体を作製するものとして説明する。先のC A Dデータから雛型を荷電粒子ビーム軸に垂直な面で輪切りにした、微小厚みの断面形状である多数の2次元形状情報（図中複数のBitmap）を算出する。この微小厚みの多数断面形状体を順次重ねて形成すると雛型形状のものが形成される。この個々の微小厚みの断面形状体を形成するために必要な原料ガスの選定、集束荷電粒子ビームの加速電圧、ビーム電流、走査速度、ドット間隔値及びドット待ち時間といった加工データを設定する。この設定された加工データの下で前記2次元形状情報に基いて照射位置が制御され仮加工が実行される。その結果としての試作品の画像を角度を変えて複数枚取得しその3次元形状を測定する。この画像取得は走査型電子顕微鏡を備えた集束イオンビーム（以下F I Bという。）装置であれば電子顕微鏡画像を、備えていない装置であればイオン顕微鏡像として取得する。この段階で試作品と雛型との寸法比較を行ない、差データを取得する。この差データから差が生じた原因を究明解析し、その差分を修正するため必要な加工データに補正を加えて再設定を実行する。この状態で本加工を実行する。以上が本発明思想の基本概念である。なお、本加工において未だ十分な修正がなされておらず寸法差が大きい場合は再度加工データに補正

を加えて再々設定をして本加工を実行することもある。


### 【0008】

#### 【実施例1】

本発明の1実施例を図5に示し説明する。このシステムはイオン源1、イオン光学系3、デフレクタ4と二次荷電粒子検出器5、ガス銃6そして5軸駆動機構を備えた試料ステージ7からなるFIB装置本体と走査型電子顕微鏡筒8、FIB装置本体と走査型電子顕微鏡に対する制御信号を生成し送信するコンピュータ10とディスプレイ11及びCADシステム12とから構成されている。作製する微細3次元構造体の寸法情報から、多数の2次元形状に変換する操作をCADシステム12で行ない、変換データをコンピュータ10に送る。この際のCAD情報に示された雛型は例えば図2のAに示されるような円錐形状の構造体であったとする。このような構造体を作製するため、本例ではCVDによるデポジション形成モードを選択し、この構造体をカーボンで形成させるものとし、ガス銃6にはフェナントレンを充填する。なお、本実施例ではガスアシストエッチングのためのガス銃や他の材料や濃度の異なる原料ガス用に複数のガス銃を備えている。CADシステム12上で雛型の3次元情報をZ軸（イオンビーム軸）方向に微分して複数の2次元データを作成する。これが微小厚みの断面形状である多数の2次元形状情報（図1中の複数のBitmap）に相当する。この2次元データを装置本体のコンピュータ10に送信してFIBの制御に用いる。照射するFIBによってそれぞれの部分構造体を形成するための加工条件すなわち、ビームエネルギー（加速電圧や電流）、走査速度やドット間隔、更には走査回数などを加工サイズや加工精度から決める。下層の部分のものから上層部分のものまで順次の設定をすることで、一連の加工プログラムとなり、本システムではこのプログラムに従って自動的に仮加工を実行することが可能で、試作品が形成加工される。加工条件の設定やプログラムの作成は制御コンピュータ10にて行う。

### 【0009】

次に、試作した3次元構造体の外形観察を、電子鏡筒8を用いた走査型電子顕微鏡機能を使って行う。図2のBに試作品画像の例を示す。必要に応じて、ビーム照射角を変えて複数枚の外形観察を行い、試作品の3次元寸法を割り出す。3



次元CADデータと試作した3次元構造体の寸法比較を行い、形状の差を求める。今、図3のAに示したように試作品の円錐高さが設計寸法（CAD図形・元絵） $a$ より高く形成され $b$ であったとする。図中斑点を施した部分が元絵と比較して過剰構造部分である。これは部分構造体の各微小厚み分が想定量より厚く形成されたことを意味している。したがって、補正としては各部分構造体の厚み寸法を $a/b$ とすればよく、一般的には照射されるFIBのドーズ量を調整してやればよく、この実施例では走査回数で調整する。勿論、この他原料ガスの濃度とかビームエネルギーを調整する方法も無いわけではない。この現象は比較的単純であるから、加工条件において走査回数を $a/b$ に調整し直して本加工を実行すると、図2のCや図3のBに示されるようなCAD図形の元絵に近似した円錐形状の微細構造体が形成される。

#### 【0010】

次に、試作品の形状が図4のAに示したように円錐体のある高さ $b$ 以上部分で設計寸法（CAD図形・元絵）より細身に形成されていたとする。図中において斑点を施した部分が元絵と比較して欠落構造部分である。この変形の原因は、断面積が小さくなり走査サイクルが短くなって電流密度が高くなったために、デポジション形成されるレートが遅くなった現象であると解される。

本実施例においてとるべき対応策の一つは、デジタルスキャンを行っているので、ビームが同じ場所に照射されるまでの待ち時間を制御できることに鑑み、全てのポイントの待ち時間を一定にするようにデポジションレートをほぼ一定に設定してから、試作加工を行う。具体的には高さ $b$ 位置での断面においてその後の加工で照射の必要が無くなったポイント位置をブランキングするようにして同じサイクルで走査を実行する。そして、その時の試作品の出来具合を見て基本的な補正を行う。補正の手法としては補正が不十分な場合には、十分に原料ガスが表面に吸着できるように、待ち時間を長くした加工条件にする。

#### 【0011】

本実施例においてとるべき他の対応策は、走査速度を変更して待ち時間を調整するのではなく、電流密度を下げるために、直接ビーム電流を減らして加工する手法である。ブランキングの時間といった無駄時間を使わないので加工時間を短



く出来る長所がある半面、電流を落すタイミングの取り方が難しいという問題がある。この場合、電流を変えた所の継ぎ目ができるだけ分からないように、ビーム位置の把握を正確に行う必要がある。具体的には、試作品の画像から画像処理(パターンマッチング)の技術を使って正確な位置測定を行なう。

上記したいずれかの手法で加工条件を補正することにより、図4のBに示されるようなCAD図形の元絵に近似した円錐形状の微細構造体が形成される。

#### 【0012】

以上の説明ではFIBを使ったCVDによる微細構造体の形成を説明してきた。本発明においては、その他にブロック状の素材や薄片化加工して板状にした素材をエッチング加工して微細構造体の形成を行なうことも可能である。その場合にも荷電粒子のビームエネルギー、走査速度及びドット間隔値といった加工条件の制御下において、3次元構造体の設計3次元形状データを基に仮加工を行ってまず試作構造体を作り、該試作構造体の形状と前記設計形状との比較を行ない、その差を修正するように前記加工条件を補正しつつ本加工を行うようにする。

#### 【0013】

##### 【発明の効果】

本発明の3次元微細構造作製方法は、荷電粒子のビームエネルギー、走査速度及びドット間隔値の加工条件を制御下において、3次元構造体の設計3次元形状データを基に仮加工を行って試作構造体を作り、該試作構造体の形状と前記設計形状との比較を行ない、その差を修正するように前記加工条件を補正しつつ本加工を行うようにしたものであるから、設計形状に忠実なサブ $\mu\text{m}$ ～ナノオーダの3次元微細構造体を作製することが出来る。

また、3次元構造体の設計3次元形状データはCADデータを取り込み、微分によって加工すべき複数の2次元形状データを容易に求めることができ、該複数の2次元形状データに基いて荷電粒子ビームの照射位置を制御して3次元微細構造体の形成加工を容易に実行することができる。

#### 【0014】

本発明の3次元微細構造作製用集束イオンビーム装置は、3次元構造体の設計3次元形状データを取得する手段と、該形状データに基き荷電粒子ビームの照射



位置を制御する手段と、ビームエネルギー、走査速度及びドット間隔値の加工条件を制御する手段と、加工構造体の 3 次元形状を把握する画像を取得する手段と、該画像と前記設計形状との比較を行なう手段とを備え、形状差分に基いて前記加工条件を補正することにより設計形状に近いサブ  $\mu\text{m}$  ～ ナノオーダの 3 次元構造体を加工することができる。

CAD データを入力して 3 次元構造体の設計 3 次元形状データを取得する手段と、該 3 次元データを微分してビーム軸方向に直交する 2 次元形状データを複数求める手段とを備え下層の部分構造から上層部分構造まで順次の加工条件を設定することで、一連の加工プログラムとなり、本システムではこのプログラムに従って自動的に仮加工を実行することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の基本概念を説明する図である。

##### 【図 2】

本発明の元図、試作品、作製された形成加工品を示す図である。

##### 【図 3】

本発明の実施において起こる 1 現象とその対応を説明する図である。

##### 【図 4】

本発明の実施において起こる他の現象とその対応を説明する図である。

##### 【図 5】

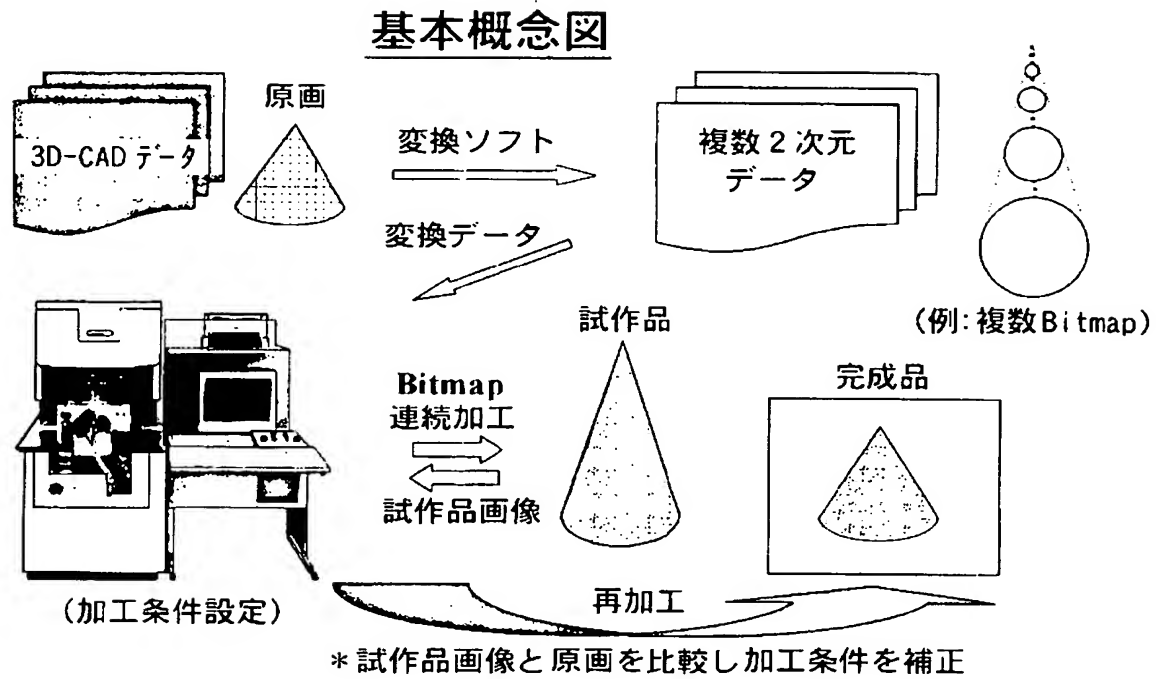
本発明の 1 実施例を説明する図である。

#### 【符号の説明】

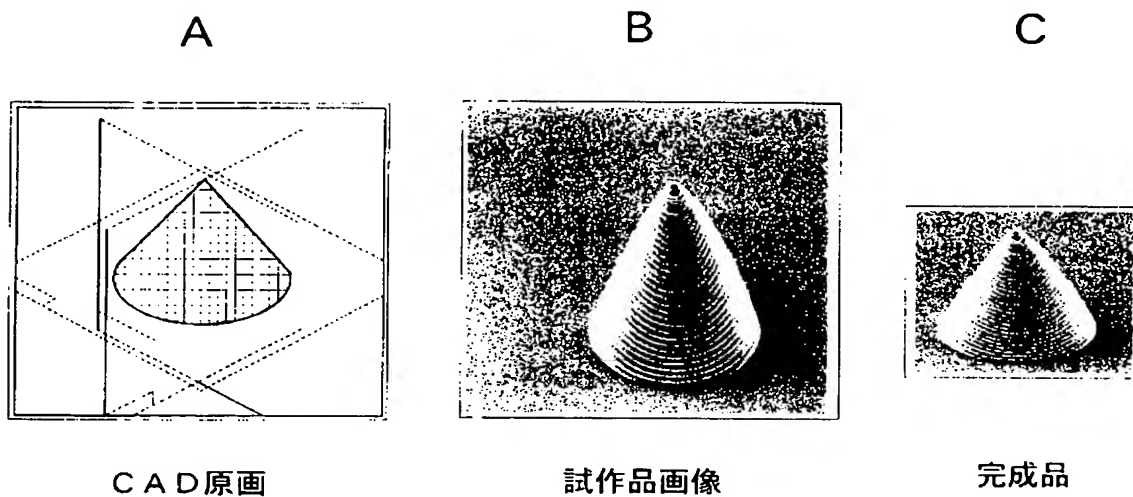
- |   |           |    |          |
|---|-----------|----|----------|
| 1 | イオン源      | 7  | 試料ステージ   |
| 2 | イオンビーム    | 8  | 電子鏡筒     |
| 3 | イオン光学系    | 9  | 試料       |
| 4 | デフレクタ     | 10 | コンピュータ   |
| 5 | 二次荷電粒子検出器 | 11 | ディスプレイ   |
| 6 | ガス銃       | 12 | CAD システム |

【書類名】 図面

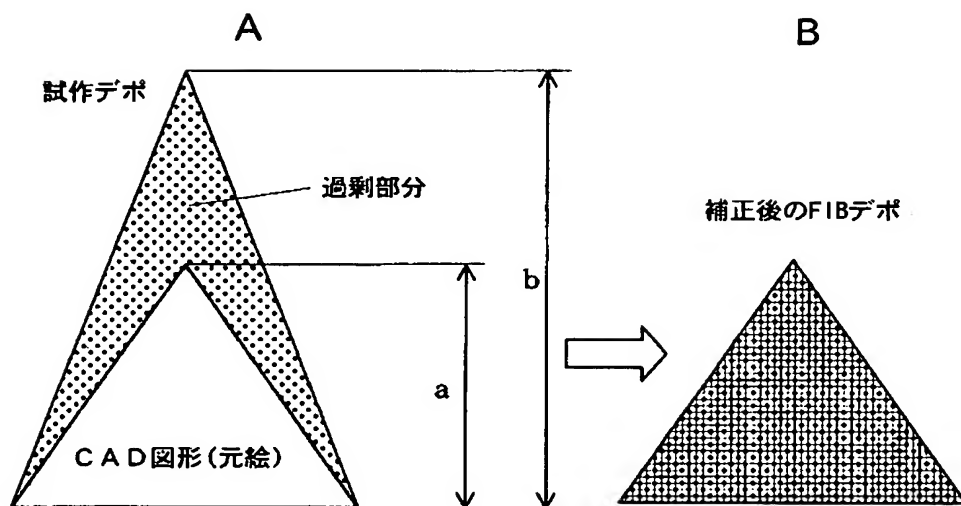
【図 1】



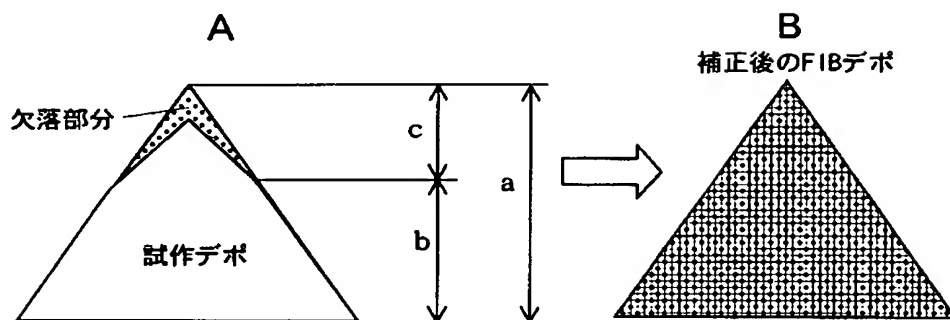
【図 2】



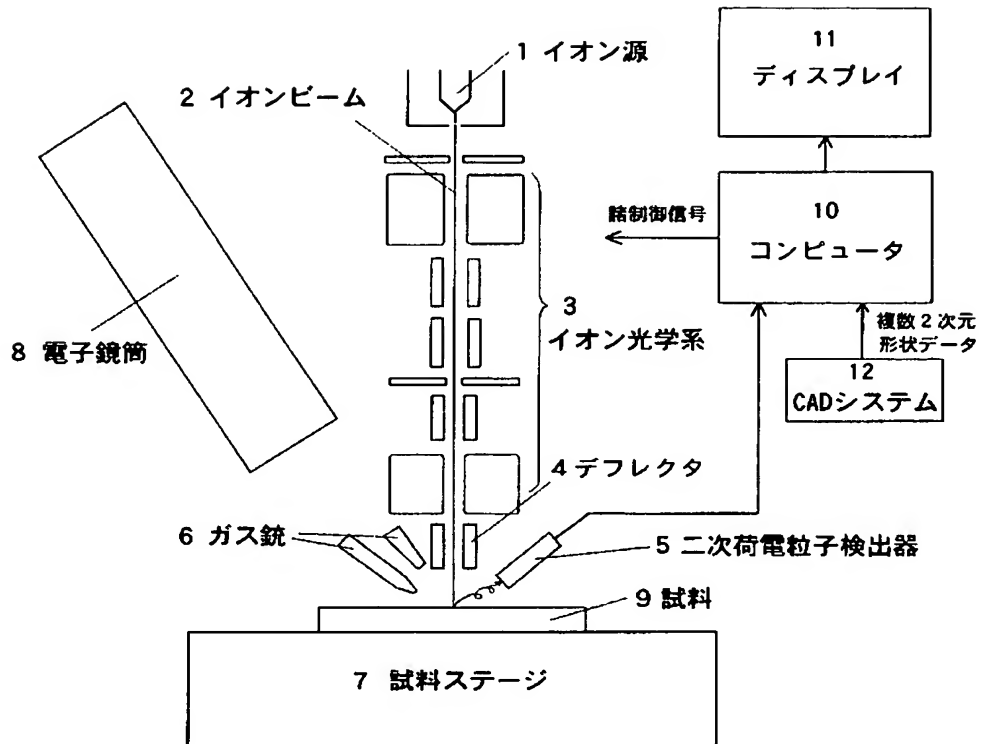
【図 3】



【図 4】



【図 5】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の課題は、加工を実行する際の諸条件に応じて変化するエッチング及びデポジション現象の影響を軽減し、設計形状に近い微細 3 次元構造体形成を実現する集束荷電粒子ビーム加工法並びにそれを実施する集束荷電粒子ビーム装置を提供することにある。

【解決手段】 本発明の 3 次元微細構造作製方法は、荷電粒子の加速電圧、ビーム電流、走査速度、ドット間隔値及びドット待ち時間の加工条件を制御下において、3 次元構造体の設計 3 次元形状データを基に仮加工を行って試作構造体を作り、該試作構造体の形状と前記設計形状との比較を行ない、その差を修正するように前記加工条件を補正しつつ本加工を行うようにしたものである。そして、3 次元構造体の設計 3 次元形状データは C A D データを用い、微分によって複数の 2 次元形状データを求め、該複数の 2 次元形状データに基いて荷電粒子ビームの照射位置を制御して加工を実行する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 3 0 8 4 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 3 2 5 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 7 年 7 月 2 3 日

[変更理由]

名称変更

住 所

千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地

氏 名

セイコーインスツルメンツ株式会社